

## MANUFACTURE OF PIEZOELECTRIC ELEMENT UNIT AND INK JET HEAD EMPLOYING IT

Patent Number: JP11179906  
Publication date: 1999-07-06  
Inventor(s): KOBATA YASUTAROU; AKIYAMA ZENICHI; FUJISAWA  
Applicant(s): RICOH CO LTD  
Requested Patent: JP11179906  
Application: JP19970352506 19971222  
Priority Number(s):  
IPC Classification: B41J2/045; B41J2/055; B41J2/16; H01L41/09; H01L41/22  
EC Classification:  
Equivalents: JP3592057B2

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To manufacture a piezoelectric element having high piezoelectric constant at low cost while simplifying the manufacturing process by suppressing evaporation of compositional components from a piezoelectric at the time of sintering.

**SOLUTION:** A method for manufacturing a piezoelectric element unit having a function for deforming a part of a basic body 1 through electromechanical conversion effect by applying a field between upper and lower electrodes 2, 3 formed on the basic body 1 while sandwiching a piezoelectric 4. A piezoelectric material (paste) is screen printed onto the lower electrode 2 arranged on the basic body 1 or an intermediate layer and then it is heated and fired with the basic body 1 and the piezoelectric material being sandwiched by shielding bodies 8. According to the method, vapor pressure of the compositional elements or molecules of the piezoelectric 4 is increased in the heating/firing atmosphere and evaporation of the compositional elements is suppressed.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-179906

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月6日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
 B 4 1 J 2/045  
 2/055  
 2/16  
 H 0 1 L 41/09  
 41/22

識別記号

F I  
 B 4 1 J 3/04 1 0 3 A  
 1 0 3 H  
 H 0 1 L 41/08 C  
 41/22 Z

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-352506

(22) 出願日 平成9年(1997)12月22日

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 木幡 八州太郎

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 秋山 善一

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 藤沢 悦子

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

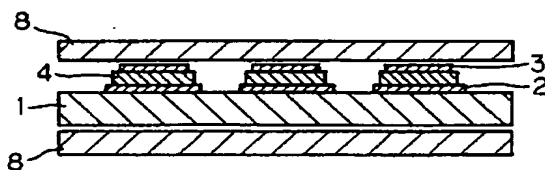
(74) 代理人 弁理士 高野 明近

(54) 【発明の名称】 圧電素子ユニットの製造方法及び圧電ユニットを用いたインクジェットヘッド

(57) 【要約】

【課題】 圧電材料の焼成時における該材料からの構成成分の蒸発を抑制し、圧電定数の大きい圧電体を低コストでしかも製造工程を低減して製造すること。

【解決手段】 基体上に、上下電極に挟まれた圧電体を形成し、電極間への電界の印加により、電圧-機械変換効果によって基体の一部を変形させる機能を持つ圧電素子ユニットの製造方法であって、基体又は中間層上に配置された下部電極上に圧電材料（ペースト）をスクリーン印刷し、その後前記基体及び前記圧電材料を遮蔽体によって挟み込んだ状態で加熱・焼成することにより、加熱・焼成雰囲気中での圧電体の構成元素または分子の蒸気圧を高くし、それによって圧電体の構成成分の蒸発を抑制する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基体上に配置された下部電極上に圧電材料をスクリーン印刷し、その後前記圧電材料を加熱・焼成して圧電体を形成する際、前記圧電材料及び基体を遮蔽体によって挟み込むことにより、加熱・焼成雰囲気中での前記圧電材料の構成元素又は分子の蒸気圧を高くすることを特徴とする圧電素子ユニットの製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載された圧電素子ユニットの製造方法において、前記遮蔽体は酸化マグネシウム、アルミナ、セラミックスや、イットリウム、セリウム、マグネシウム、カルシウムの酸化物を少なくとも一つ含んだ部分安定化または完全安定化された酸化ジルコニウムからなるセラミック板であることを特徴とする圧電素子ユニットの製造方法。

【請求項3】 請求項2に記載された圧電素子ユニットの製造方法において、前記セラミック板は平面度0.05mm以内、表面荒さ(Rmax)7μm以下であることを特徴とした圧電素子ユニットの製造方法。

【請求項4】 請求項1に記載された圧電素子ユニットの製造方法において、前記遮蔽体は、基体上に予め印刷形成された圧電材料層に対応して、電極パターンを印刷したグリーンシートを張り合わせて形成しかつ、上部電極を同時に形成するものであることを特徴とする圧電素子ユニットの製造方法。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれに記載された圧電素子ユニットの製造方法において、前記基体がシリコン単結晶であり、かつ前記基体と圧電素子ユニット間に1層以上からなる中間層を配置させたことを特徴する圧電素子ユニットの製造方法。

【請求項6】 請求項1乃至4項のいずれかに記載された製造方法によって製造された圧電素子ユニットを備えたインクジェットヘッドであって、エッチングにより圧電材料層と対応して形成された圧力室とを備え、圧電体に電圧を加え、圧力室内のインクをノズルより吐出させることにより記録を行うことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項7】 請求項5に記載された前記基体がシリコン単結晶であり、かつ前記基体と圧電素子ユニット間に1層以上からなる中間層を配置させたことを特徴としたインクジェットヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は信頼性が高く、効率よく圧電体の電気機械変換を伝達する圧電素子ユニット及びその製造方法、及び、圧電素子ユニットを用いた圧電アクチュエータ、およびそれを用いたインクジェットヘッドに関するものである。

【0002】

【従来の技術】圧電素子ユニット、例えば、インクジェットヘッドの場合、多数の圧電素子を高密度に可動板に

形成する必要がある。以前はそれぞれの圧電素子を形成後、可動板に接着されていたため、接着時の取扱上の制約から、圧電素子を小さくすることが困難であり、ヘッドの小型化を進める上で障壁となっていた。圧電素子を電気-機械変換層形成法において周知の真空成膜法であるスパッタ、CVDやゾルーゲルなどは全面デポによるバターンニングにより工程が煩雑になり、コストが高くなる。特開平8-281944号公報に示されるゾルーゲル(sol-gel)法により圧電膜を形成する場合、特に、ゾルーゲル法では1回の塗布による膜厚が0.1μm以下と小さいために、加圧室基板をたわませるだけの膜厚を形成するには、多数回塗布する必要があり、作製工程がさらに多くなる。またこれらの方法で形成された膜は、膜厚方向における組成の均一化が難しく、圧電特性の再現性が悪い。国際公開第93/22140号パンフレット(1997)に示されるスパッタリング法による圧電膜の場合、成膜速度が稼げず、所望する膜厚を得ようとする場合、膨大な時間を必要とする。

【0003】そこで、特開平5-29675号公報に示されるように、最新ではPZT等圧電体の仮焼粉をベースト加工し、スクリーン印刷法により形成する方法が提案されている。スクリーン印刷はバターンニング工程が不要であり、可動版上に圧電素子を低コストで簡便に形成することができる。

【0004】一方、小型な圧電体を用いて、かつ大きな変異量を得るためには、圧電定数の大きな圧電体を作製する必要がある。結晶粒径の大きな誘電率や圧電定数の大きな圧電体を得るために、焼成温度を高くして圧電体を焼成する必要がある。しかし、スクリーン印刷で作製される圧電素子は、体積に対する表面積の割合が高いため、温度上昇に伴い圧電体から鉛が抜けやすく、結晶形が崩れ誘電率や圧電定数が減少するという欠点がある。

【0005】そこで、圧電体からの鉛抜けを防止するために、鉛雰囲気中で圧電体を加熱・焼成する方法が考えられている。従来は、(1)焼成炉内に鉛粉末を入れた容器を設置して圧電体が印刷された基板とともに焼成・加熱する方法、(2)鉛を含むPbOペーストを圧電体を形成する同じシリコンウエハなどの基板又は別の媒体用基板上に印刷する方法(特開平7-205431号公報参照)、又は、(3)前記ペーストを印刷した媒体用基板と圧電体を印刷した基板を交互に基板台に配置し、焼成炉中で加熱・焼成を行うといった製造方法が採用されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前記(1)の焼成炉内に鉛粉末を入れた容器を設置して圧電体が印刷された基板とともに焼成・加熱する方法では焼成のバッチ毎に鉛粉末の入った容器を設置する必要がある。前記(2)の鉛を含むPbOペーストを圧電体を形成する同じシリコンウエハなどの基板上又は別の媒体用基板上に印刷する

方法及び、前記(3)の前記ペーストを印刷した媒体用基板と圧電体を印刷した基板を交互に基板台に配置し、焼成炉中で加熱・焼成を行う方法については、前者は基板上に前記ペーストを形成するため、一枚の基板から取り出すことのできる素子数を減少させてしまうため、量産性に乏しく、後者は別に媒体用基板を設ける必要があるため、焼成炉中で一度に加熱・焼成できる基板の数が少なくなる。さらに、上記ペーストを印刷するという製造工程が増える。その結果、材料コスト・製造時間が上昇し、ヘッドの生産コストを押し上げるという結果になっている。よって低コストで高品質の圧電素子ユニットの製造のためには、簡易かつ効率的に圧電体からの鉛抜けを抑制する製造方法または構成の実現が必要である。

【0007】本発明は、以上の点に鑑みなされたものであって、信頼性が高く、効率よく圧電体の電気機械変換を伝達する圧電素子ユニットの製造方法に関して、焼成時における圧電体からの構成部分の蒸発を抑制し、圧電定数の大きい優れた圧電体を直接形成することが可能で、かつ製造工程・コストを少なくすることが可能となる圧電素子ユニットの製造方法または構成を提供する。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、基体上に配置された下部電極上に圧電材料をスクリーン印刷し、その後前記圧電材料を加熱・焼成して圧電体を形成する際、前記圧電材料及び基体を遮蔽体によって挟み込むことにより、加熱・焼成雰囲気中での前記圧電材料の構成元素又は分子の蒸気圧を高くする圧電素子ユニットの製造方法である。

【0009】請求項2の発明は、請求項1に記載された圧電素子ユニットの製造方法において、前記遮蔽体は酸化マグネシウム、アルミナ、セラミックスや、イットリウム、セリウム、マグネシウム、カルシウムの酸化物を少なくとも一つ含んだ部分安定化または完全安定化された酸化ジルコニウムからなるセラミック板である圧電素子ユニットの製造方法である。

【0010】請求項3の発明は、請求項2に記載された圧電素子ユニットの製造方法において、前記セラミック板は平面度0.05mm以内、表面荒さ(Rmax)7μm以下である圧電素子ユニットの製造方法である。

【0011】請求項4の発明は、請求項1に記載された圧電素子ユニットの製造方法において、前記遮蔽体は、基体上に予め印刷形成された圧電材料層に対応して、電極パターンを印刷したグリーンシートを張り合わせて形成し、かつ、上部電極を同時に形成するものである圧電素子ユニットの製造方法である。

【0012】請求項5の発明は、請求項1乃至4のいずれに記載された圧電素子ユニットの製造方法において、前記基体がシリコン単結晶であり、かつ前記基体と圧電素子ユニット間に1層以上からなる中間層を配置させた圧電素子ユニットの製造方法である。

【0013】請求項6の発明は、請求項1乃至4項のいずれかに記載された製造方法によって製造された圧電素子ユニットを備えたインクジェットヘッドであって、エッチングにより圧電材料層と対応して形成された圧力室とを備え、圧電体に電圧を加え、圧力室内のインクをノズルより吐出させることにより記録を行うインクジェットヘッドである。

【0014】請求項7の発明は、請求項5に記載された前記基体がシリコン単結晶であり、かつ前記基体と圧電素子ユニット間に1層以上からなる中間層を配置させたインクジェットヘッドである。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に本発明の構成を説明する。図1に本発明が適用可能な圧電素子ユニットの概略図を示す。基体1上に、上下電極2、3間に挟まれた電気機械変換効果を示す圧電材料層4が形成され、電界印加に対して基体の一部を変形させる。さらに、図2に示すように、基体1の一部に圧電素子に対応して圧力室5を形成し、ノズルプレート6を接合することによって、電極への電界印加によって圧力室中のインクがノズル7から吐出されるインクジェット圧電ヘッドが構成される。

【0016】基体1は加工性に優れ、機械的強度が高く、熱処理・焼成温度で不活性の材料であれば、特に規制されるものではなく、シリコン基板であっても、セラミックスであっても、金属であってもよく、また複数の材料による構造体から構成されていてもよい。

【0017】電極材料としては、熱処理・焼成温度での高温酸化雰囲気耐える導体であればよく、白金や白金族元素(Pd, Rh, Ir, Ru)などの高温融点貴金属類、およびそれらの合金を主成分とする電極材料が安定性の点からもっとも好ましい。

【0018】下部電極層上の圧電材料層4にはPZT系セラミックスが好ましい。またPZTに第三成分を加えたマグネシウムニオブ酸鉛系、ニッケルニオブ酸鉛系、マンガンニオブ酸鉛系、アンチモンズ酸鉛系、チタン酸鉛系、更には、これらの複合材料が用いられる。なお、PZT系の材料に、ランタン、バリウム、ニオブ、亜鉛、セリウム、クロム、コバルト、ストロンチウム、イットリウム、タンタル、タングステン、ニッケル、マンガン等の酸化物やそれらの化合物を添加した材料も好適である。スクリーン印刷法により、一回の印刷工程で10ないし20μmの膜厚を形成できる。乾燥後、圧電材料層4を基体1で挟むように遮蔽体8を配置し、900~1100℃の温度で大気中にて焼成させる。

【0019】遮蔽体8には、PZT焼成温度において十分耐性を持ち、鉛蒸気に対して気密性が高く、反応性が低い材料、例えば、酸化マグネシウム、アルミナ、セラミックスやイットリウム、セリウム、マグネシウム、カルシウムの酸化物を少なくとも一つ含んだ部分安定化または完全安定化された酸化ジルコニウム等のセラミック

板が望ましい。この遮蔽板は一般にセッターと呼ばれるものに相当する。そのセッターの平面性、表面性は焼成するセラミックスの形状の変動を大きく支配する。平面度が悪い場合には部分的な接触により、焼成中のセラミックス収縮に不均一なところを与えてしまう。また表面粗さも同様な不具合を生じてしまう。本発明では、これら平面度、表面粗さの最適化を行い、80mm角の面積において、平面度0.05mm以内、表面粗さ(Rmax)7μm以下であれば何等支障がないことがわかった。

【0020】(実施例1)日本ファインセラミックス社製YSZ(セラフレックスA)基板1に、白金ペーストをスクリーン印刷し、下部電極2を5μm形成する。続いて、下部電極上にPZT、例えば、Nb0.5mol添加Pb(Zr<sub>0.52</sub>Ti<sub>0.48</sub>)O<sub>3</sub>をスクリーン印刷し、150℃で30分間乾燥する。乾燥後、図5に示す遮蔽体8として、80mm角で板厚1mmのYSZ板を圧電材料4上に接するように配置し、焼成炉において大気中で900~1200℃の温度で2時間焼成した。PZT焼成後、上部電極層3をスクリーン印刷で焼き付け20により形成した。その結果いずれのセラミック板を用い\*

\*た場合も、遮蔽体を用いない場合に比べPZTの結晶性が向上し、圧電定数が増加した。

【0021】(実施例2)さらにそれぞれのセラミック板の鉛との反応性を調べるため、30回のPZT焼成を行った後の深さ方向の鉛拡散について調べた。その結果を図3に示す。酸化マグネシウムがもっとも鉛拡散が少なく、アルミナは他の二つのセラミックに比べ、鉛が深く拡散した。しかし、酸化マグネシウムは温度変化に対して不安定で、スルーボットの点で好ましくない。よって酸化ジルコニウムが信頼性の点でも鉛拡散抑制の点でより好ましい。

【0022】(実施例3)次に、セラミックの表面性(平面度、表面粗さ)と、PZTの鉛抜け抑制の効果について相関を調べた。その結果を表1に示すように、表面粗さが70μmと20μmの遮蔽板は、あまりPZTからの鉛抜け抑制の効果は見られなかったが、表面粗さ7μmで平面度が0.05μm以下のセラミック板では遮蔽効果がよく確認できた。

【0023】

【表1】

表1 セラミック板の表面特性と鉛抜け抑制効果の相関

平面度\表面粗さ(Rmax)	70μm	20μm	7μm
0.01mm	×	×	○
0.05mm	×	×	○
0.1mm	×	×	△

(1インチ角で板厚1mmのイットリウム安定化ジルコニウムを板を使用)

【0024】(実施例4)図4(A)に示すように、PZT焼成時の遮蔽体として、上部電極層3が印刷されたグリーンシート9を用いることも可能である。グリーンシート9は、例えば、PZT:Pb(Zr<sub>0.52</sub>Ti<sub>0.48</sub>)O<sub>3</sub>に、バインダ:ポリビニルブチラル、溶媒:トルエン、可塑剤:ブチルフタリルブチルグリコレートなどを混合したスラリーをドクターブレード装置を用いてグリーンシートを形成する。グリーンシート上に上部電極層3となる白金電極層をスクリーン印刷によって、圧電材料層4に対応して5μm形成する。

【0025】図4(B)のPZTペースト乾燥後の下部構造(PZT圧電材料層/下部電極層/基板)に上部構造(グリーンシート/上部電極層)を貼り合わせ、これら積層体を140℃、60kg/cm<sup>2</sup>で60分間熱圧着した後、焼成炉において大気中で900~1100℃で2時間焼成する。グリーンシートによって上電極/圧電材料層/下電極が覆われることにより、PZTからの鉛抜けを抑制でき、かつ上下電極間に短絡を防止することができる。

【0026】(実施例5)図5に本発明が適用可能なインクジェット圧電ヘッドの概略図を示す。インクジェットヘッドの圧力室を形成する基板は、水晶でも酸化マグネシウムでも、単結晶であれば異方性エッチングが可能

であり、セラミックスでもICPエッチングにより微少な加工が可能である。一方、圧力室を形成基板にシリコン基板を用いる場合、シリコン異方性エッチングがマイクロマシニング技術で確立されており、容易に圧力室を形成することができる利点がある。

【0027】厚さが300μm、面方位が(110)面のシリコン基板(基体)1にインクを吐出させるための圧力室5を形成する。耐シリコンエッチング膜となる酸化シリコン膜を熱酸化法により形成後、膜上にレジストをスピンコートにより塗布し、フォトリソグラフィ技術を用いて凹部を形成するためのレジストパターンを形成する。耐シリコンエッチング膜には酸化シリコンだけでなく、窒化シリコン、金属等シリコンエッチング液に対して耐食性を示す膜であればよい。フッ酸系エッチング液にて酸化シリコン膜をエッチング後、さらに90℃の40%KOH水溶液に浸し、異方性エッチングで295μmエッチングし、凹部を形成する。残ったシリコン基板の酸化シリコン膜はフッ酸系エッチング液にて剥離する。エッチング量はあらかじめKOH水溶液の濃度、温度、浸透時間を制御することにより、凹部のエッチング量を制御することができる。

【0028】圧力室が形成されたシリコン基板上に、鉛拡散防止の中間層10を形成する。中間層10としては

圧電材料層に含有される鉛等の拡散を防ぐ緻密な材料であるだけでなく、高い靱性・機械的強度、シリコン基板との密着性を持つことが求められ、イットリウム、セリウム、マグネシウム、カルシウムの酸化物で安定化された酸化ジルコニウム膜が好ましい。酸化ジルコニウム膜の形成は、ターゲットに焼結体イットリウム安定化ジルコニウム8mol% $Y_2O_3-ZrO_2$ を用いて、RFマグネトロンスパッタリングにより行う。ガス圧0.1Pa~2Pa(Arと $O_2$ を導入)、放電圧力80~150W、基板温度750~850℃の成膜条件で、膜厚0.2~2μm形成する。

【0029】中間層上に、白金ペーストをスクリーン印刷し、下部電極2を5μm形成する。続いて下部電極上にPZT、例えば、Nb0.5mol%添加Pb( $Zr_{0.52}Ti_{0.48}$ ) $O_3$ を厚さ20μmスクリーン印刷し、150℃で30分間乾燥する。乾燥後、イットリウム等によって部分安定化または完全安定化された板厚1mmの酸化ジルコニウム板を電圧材料層4上に接するように配置する。PZT上に配置する酸化ジルコニウム板8の表面特性は、接触面において十分な鉛蒸気圧を保つため、平面度0.05mm以内、表面粗さ(Rmax)0.007mm以下であることが望ましい。その後焼成炉において、大気中で900~1100℃の温度で2時間焼成する。PZT焼成後、上部電極層3をスクリーン印刷で焼き付けにより形成したり、また、金、銅、スズ等のメッキ可能材料を成膜後、金-スズ、鉛-スズ等のメッキを施す。そして、ステンレス等で作成されたノズルプレート6を圧力室に対応して接合し、インクジェット圧電ヘッドを作成することができる。

【0030】

【発明の効果】請求項1に対応する効果：遮蔽体により圧電素子ユニットを挟み込んで加熱・焼成するため、焼成時に発生する圧電材料から構成する元素または分子の抜けを抑制することができ、圧電定数が大きく高性能の圧電素子ユニットを低コストで提供することができる。

【0031】請求項2に対応する効果：遮蔽体に焼成温度で安定性の高いセラミック材料からなる板を用いること

※とにより、容易に信頼性の高い圧電素子ユニットを得ることができる。

【0032】請求項3に対応する効果：遮蔽板に表面性の良いセラミック板を用いることにより、より信頼性の高い圧電素子ユニットを提供することができる。

【0033】請求項4に対応する効果：遮蔽体にグリーンシート等を用いて、圧電材料を遮蔽することにより、より効果的に焼成時に発生する圧電材料から構成する元素または分子の抜けを抑制することができ、高性能で信頼性の高い圧電素子ユニットを提供することができる。

【0034】請求項5及び7に対応する効果：シリコン基体と圧電素子ユニット間に1層以上からなる中間層を配置させたため、シリコン基体中への鉛の拡散を防止することができる。

【0035】請求項6に対応する効果：インクジェット(圧電)ヘッドを、請求項1または4のいずれかに記載された製造方法で製造された圧電素子ユニットを用いて製造することにより、低コストで信頼性の高いヘッドを提供することができる。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を適用可能な圧電素子ユニットの概略断面図である。

【図2】 本発明の圧電素子ユニットを用いたインクジェット圧電ヘッドの概略断面図である。

【図3】 セラミック板中の鉛の深さ方向とPb濃度との関係を示す図である。

【図4】 遮蔽体としてグリーンシートを用いた圧電素子ユニットの概略断面図である。図4(A)はグリーンシートの形成を、また、図4(B)はグリーンシートを持った圧電素子ユニットの製造方法を説明するための図である。

【図5】 本発明を適用可能な他のインクジェット圧電ヘッドの概略断面図である。

【符号の説明】

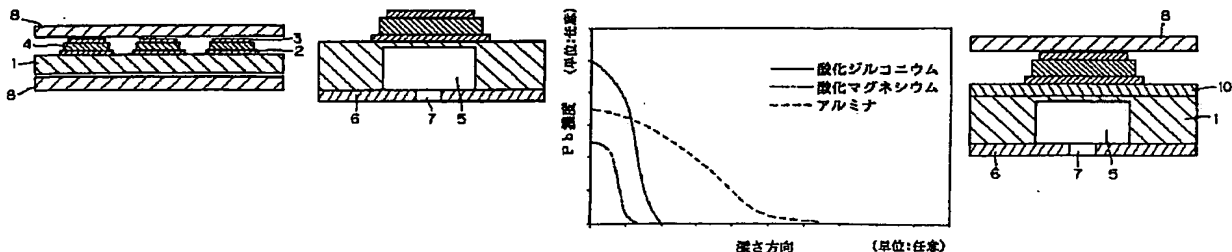
1…基体、2、3…電極、4…圧電材料層(圧電体)、5…圧力室、6…ノズルプレート、7…ノズル、8…遮蔽体、9…グリーンシート、10…中間層。

【図1】

【図2】

【図3】

【図5】

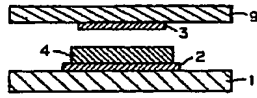


(6)

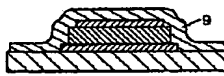
特開平11-179906

【図4】

(A)



(B)



**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The manufacture approach of the piezoelectric-device unit characterized by making high the configuration element of said piezoelectric material in the inside of heating and a firing environments, or vapor pressure of a molecule by putting said piezoelectric material and base by the screen in case piezoelectric material is screen-stenciled, the account piezoelectric material of back to front is heated and calcinated and a piezo electric crystal is formed on the lower electrode arranged on a base.

[Claim 2] It is the manufacture approach of the piezoelectric-device unit characterized by being the ceramic plate which consists of partial stabilization with which said screen contained at least one oxide of a magnesium oxide, an alumina, the ceramics, an yttrium and a cerium, magnesium, and calcium in the manufacture approach of the piezoelectric-device unit indicated by claim 1, or a zirconium dioxide by which full stabilization was carried out.

[Claim 3] It is the manufacture approach of the piezoelectric-device unit characterized by said ceramic plates being the flatness of less than 0.05mm, and 7 micrometers or less of surface roughness (Rmax) in the manufacture approach of the piezoelectric-device unit indicated by claim 2.

[Claim 4] Corresponding to the piezoelectric-material layer by which printing formation of said screen was beforehand carried out on the base in the manufacture approach of the piezoelectric-device unit indicated by claim 1, it is the manufacture approach of the piezoelectric-device unit characterized by being what the green sheet which printed the electrode pattern is made to rival, and forms, and forms an up electrode in coincidence.

[Claim 5] The manufacture approach of the piezoelectric-device unit which said base is a silicon single crystal, and carries out the description of having arranged the interlayer who consists of one or more layers between said bases and piezoelectric-device units in the manufacture approach of the piezoelectric-device unit indicated by claim 1 thru/or any of 4.

[Claim 6] The ink jet head characterized by recording by having the pressure room which is the ink jet head equipped with the piezoelectric-device unit manufactured by the manufacture approach indicated by either claim 1 thru/or the 4th term, and was formed of etching corresponding to the piezoelectric-material layer, applying an electrical potential difference to a piezo electric crystal, and making the ink of the pressure interior of a room breathe out from a nozzle.

[Claim 7] The ink jet head which said base indicated by claim 5 is a silicon single crystal, and was characterized by arranging the middle class who consists of one or more layers between said bases and piezoelectric-device units.

---

[Translation done.]



**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is reliable and relates to the piezoelectric-device unit which transmits electric machine conversion of a piezo electric crystal efficiently, its manufacture approach, the electrostrictive actuator using a piezoelectric-device unit, and the ink jet head using it.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is necessary to form many piezoelectric devices in high density the case of a piezoelectric-device unit, for example, an ink jet head, at a movable plate. It had become an obstruction, when it was difficult to make a piezoelectric device small and it advanced the miniaturization of a head from the constraint on the handling at the time of adhesion before, since the movable plate was pasted after forming each piezoelectric device. About a piezoelectric device, in electric - machine conversion stratification method, a process becomes complicated by patterning according [ a spatter, CVD ZORUGERU which are the well-known vacuum forming-membranes method ] to a complete depository, and cost becomes high. the sol-gel (sol-gel) shown in JP,8-281944,A -- when forming a piezoelectric film by law, since the thickness by one spreading is as small as 0.1 micrometers or less, in order to form only the thickness which sags a pressurized-room substrate, it is necessary to apply many times and a production process increases further in a sol-gel method especially. Moreover, equalization of the presentation in the direction of thickness is difficult for the film formed by these approaches, and its repeatability of a piezo-electric property is bad. In the case of the piezoelectric film by the sputtering method shown in an international public presentation/[ 93rd ] No. 22140 pamphlet (1997), a membrane formation rate cannot be earned, but when it is going to obtain the thickness for which it asks, huge time amount is needed.

[0003] Then, as shown in JP,5-29675,A, in the newest, paste technique of the temporary-quenching powder of piezo electric crystals, such as PZT, is carried out, and the approach of forming with screen printing is proposed. The patterning process of screen-stencil is unnecessary and it can form a piezoelectric device simple by low cost on the movable version.

[0004] On the other hand, in order to obtain the big amount of variation, using a small piezo electric crystal, it is necessary to produce the big piezo electric crystal of a piezoelectric constant. In order to obtain the big piezo electric crystal of the big dielectric constant of the diameter of crystal grain, or a piezoelectric constant, it is necessary to make burning temperature high and to calcinate a piezo electric crystal. However, since the piezoelectric device produced by screen-stencil has the high rate of surface area to the volume, in connection with a temperature rise, lead tends to fall out from a piezo electric crystal, crystal form collapses and it has the fault that a dielectric constant and a piezoelectric constant decrease.

[0005] Then, in order to prevent the lead omission from a piezo electric crystal, how to heat and calcinate a piezo electric crystal in a lead ambient atmosphere is considered. How to calcinate and heat with the substrate with which the container which put in the end of lead powder in (1) firing furnace was conventionally installed, and the piezo electric crystal was printed, (2) How to print the PbO paste

containing lead on substrates, such as the same silicon wafer which forms a piezo electric crystal, or another substrate for media (refer to JP,7-205431,A), (3) -- the substrate for media which printed said paste, and the substrate which printed the piezo electric crystal are arranged on a substrate base by turns, and the manufacture approach of performing heating and baking all over a firing furnace is adopted.

[ or ]

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It is necessary to install the container into which the end of lead powder went for every batch of baking by the approach of calcinating and heating with the substrate with which the container which put in the end of lead powder in the firing furnace of the above (1) was installed, and the piezo electric crystal was printed. The approach of printing the PbO paste containing the lead of the above (2) on substrates, such as the same silicon wafer which forms a piezo electric crystal, or another substrate for media, and the substrate for media which printed said paste of the above (3) and the substrate which printed the piezo electric crystal are arranged on a substrate base by turns. About the approach of performing heating and baking all over a firing furnace The former is lacking in mass-production nature in order to decrease the element number which can be taken out from one substrate since said paste is formed on a substrate, and since the latter needs to form the substrate for media independently, its number of the substrates which can be heated and calcinated at once all over a firing furnace decreases. Furthermore, the production process of printing the above-mentioned paste increases. Consequently, ingredient cost and production time go up, and the result of pushing up the production cost of a head is brought. Therefore, for manufacture of the piezoelectric-device unit of high quality, the manufacture approach which controls the lead omission from a piezo electric crystal simply and efficiently, or a configuration needs to be realized of low cost.

[0007] This invention is reliable, it relates to the manufacture approach of the piezoelectric-device unit which transmits electric machine conversion of a piezo electric crystal efficiently, controls [ it is made in view of the above point, and ] evaporation of the component from the piezo electric crystal at the time of baking, and offers the manufacture approach of a piezoelectric-device unit or the configuration which becomes it is possible to form the outstanding large piezo electric crystal of a piezoelectric constant directly, and possible [ lessening a production process and cost ].

[0008]

[Means for Solving the Problem] In case invention of claim 1 screen-stencils piezoelectric material, heats and calcinates the account piezoelectric material of back to front and forms a piezo electric crystal on the lower electrode arranged on a base, it is the manufacture approach of the piezoelectric-device unit which makes high the configuration element of said piezoelectric material in the inside of heating and a firing environments, or vapor pressure of a molecule by putting said piezoelectric material and base by the screen.

[0009] In the manufacture approach of a piezoelectric-device unit that invention of claim 2 was indicated by claim 1, said screen is the manufacture approach of the piezoelectric-device unit which is the ceramic plate which consists of partial stabilization containing at least one oxide of a magnesium oxide, an alumina, the ceramics, an yttrium and a cerium, magnesium, and calcium, or a zirconium dioxide by which full stabilization was carried out.

[0010] In the manufacture approach of a piezoelectric-device unit that invention of claim 3 was indicated by claim 2, said ceramic plate is the manufacture approach of the piezoelectric-device unit which are the flatness of less than 0.05mm, and 7 micrometers or less of surface roughness (Rmax).

[0011] In the manufacture approach of a piezoelectric-device unit that invention of claim 4 was indicated by claim 1, said screen is the manufacture approach of the piezoelectric-device unit which is what the green sheet which printed the electrode pattern is made to rival corresponding to the piezoelectric-material layer by which printing formation was beforehand carried out on the base, and forms, and forms an up electrode in coincidence.

[0012] In the manufacture approach of the piezoelectric-device unit indicated by claim 1 thru/or any of 4, said base is a silicon single crystal, and invention of claim 5 is the manufacture approach of the piezoelectric-device unit which arranged the interlayer who consists of one or more layers between said

bases and piezoelectric-device units.

[0013] Invention of claim 6 is the ink jet head equipped with the piezoelectric-device unit manufactured by the manufacture approach indicated by either claim 1 thru/or the 4th term, and is an ink jet head which records by having the pressure room formed of etching corresponding to the piezoelectric-material layer, applying an electrical potential difference to a piezo electric crystal, and making the ink of the pressure interior of a room breathe out from a nozzle.

[0014] Said base indicated by claim 5 is a silicon single crystal, and invention of claim 7 is the ink jet head which arranged the middle class who consists of one or more layers between said bases and piezoelectric-device units.

[0015]

[Embodiment of the Invention] The configuration of this invention is explained below. The schematic diagram of the piezoelectric-device unit which can apply this invention to drawing 1 is shown. On a base 1, the vertical electrode 2 and the piezoelectric-material layer 4 which shows the electric-machine conversion effectiveness inserted among three are formed, and some bases are made to transform to electric-field impression. Furthermore, as shown in drawing 2, the ink jet piezo-electricity head with which the ink in a pressure room is breathed out from a nozzle 7 by the electric-field impression to an electrode is constituted by forming the pressure room 5 in some substrates 1 corresponding to a piezoelectric device, and joining a nozzle plate 6 to it.

[0016] A base 1 has a high mechanical strength, and it is excellent in workability, and as long as it is an ingredient inactive with heat treatment and burning temperature, it is not regulated especially, and it may be a silicon substrate, or may be the ceramics, or you may be a metal, and it may consist of the structures by two or more ingredients.

[0017] Elevated-temperature melting point noble metals, such as platinum and platinum group metals (Pd, Rh, Ir, Ru), and the electrode material which uses those alloys as a principal component are [ that what is necessary is just the conductor which bears the high-temperature-oxidation ambient atmosphere in heat treatment and burning temperature as an electrode material ] the most desirable from the point of stability.

[0018] In the piezoelectric-material layer 4 on a lower electrode layer, the PZT system ceramics is desirable. Moreover, the magnesium niobic acid lead system which added the third component to PZT, a nickel niobic acid lead system, a manganese niobic acid lead system, an antimony stannic-acid lead system, lead titanate systems, and also such composite material are used. In addition, the ingredient which added oxides and those compounds, such as a lanthanum, barium, niobium, zinc, a cerium, chromium, cobalt, strontium, an yttrium, a tantalum, a tungsten, nickel, and manganese, is also suitable for the ingredient of a PZT system. With screen printing, 10 thru/or 20-micrometer thickness can be formed by one presswork. After desiccation, a screen 8 is arranged so that the piezoelectric-material layer 4 may be pinched with a base 1, and it is made to calcinate in atmospheric air at the temperature of 900-1100 degrees C.

[0019] In PZT burning temperature, it has resistance in a screen 8 enough, and airtightness is high to a lead steam and ceramic plates, such as partial stabilization containing at least one oxide of an ingredient with low reactivity, for example, a magnesium oxide, an alumina, the ceramics and an yttrium, a cerium, magnesium, and calcium or a zirconium dioxide by which full stabilization was carried out, are desirable. This shield is equivalent to what is generally called a setter. The setter's smoothness and front-face nature govern geometrical fluctuation of the ceramics to calcinate greatly. When flatness is bad, an uneven place will be given to the ceramic contraction under baking by partial contact. Moreover, fault with the same said of surface roughness will be produced. In this invention, it turned out that optimization of these flatness and surface roughness is performed, and it will be convenient in any way in the area of 80mm angle if it is the flatness of less than 0.05mm, and 7 micrometers or less of surface roughness (Rmax).

[0020] (Example 1) A platinum paste is screen-stenciled to the YSZ (Serra FREX A) substrate 1 by the Japanese fine-ceramics company, and 5 micrometers of lower electrodes 2 are formed in it. Then, it is PZT, for example, Nb0.5mol addition, on a lower electrode. Pb(Zr0.52Ti0.48) O3 are screen-stenciled

and it dries for 30 minutes at 150 degrees C. After desiccation, as a screen 8 shown in drawing 5, the YSZ plate of 1mm of board thickness has been arranged on 80mm square so that it may touch on piezoelectric material 4, and in the firing furnace, it calcinated at the temperature of 900-1200 degrees C in atmospheric air for 2 hours. The up electrode layer 3 was formed by baking by screen-stencil after PZT baking. Also when which ceramic plate was used as a result, the crystallinity of PZT improved compared with the case where a screen is not used, and the piezoelectric constant increased.

[0021] (Example 2) In order to investigate reactivity with the lead of each ceramic plate further, it investigated about lead diffusion of the depth direction after performing 30 PZT baking. The result is shown in drawing 3. The magnesium oxide had least lead diffusion and lead diffused the alumina deeply compared with other two ceramics. However, a magnesium oxide is unstable to a temperature change, and is not desirable in respect of a throughput. Therefore, a zirconium dioxide is more desirable in respect of lead diffusion control also in respect of dependability.

[0022] (Example 3) Next, correlation was investigated about the front-face nature (flatness, surface roughness) of a ceramic, and the effectiveness of lead omission control of PZT. Although, as for the effectiveness of the lead omission control from PZT, surface roughness was seldom seen in the result as shown in Table 1, with the ceramic plate 0.05 micrometers or less, the shielding effect has checked [ flatness ] the shield (70 micrometers and 20 micrometers) well by 7 micrometers of surface roughness.

[0023]

[Table 1]

表1 セラミック板の表面特性と鉛抜け抑制効果の相関

平面度\表面粗さ(R <sub>max</sub> )	70 $\mu$ m	20 $\mu$ m	7 $\mu$ m
0.01mm	×	×	○
0.05mm	×	×	○
0.1mm	×	×	△

(1インチ角で板厚1mmのイットリウム安定化ジルコニウムを板を使用)

[0024] (Example 4) As shown in drawing 4 (A), it is also possible to use the green sheet 9 with which the up electrode layer 3 was printed as a screen at the time of PZT baking. A green sheet 9 forms a green sheet in PZT:Pb (Zr<sub>0.52</sub>Ti<sub>0.48</sub>) O<sub>3</sub> for the slurry which mixed a binder:polyvinyl butyral, solvent:toluene, plasticizer:butyl phthalyl butyl glycolate, etc. using doctor blade equipment. By screen-stencil, 5 micrometers of platinum-electrode layers used as the up electrode layer 3 are formed on a green sheet corresponding to the piezoelectric-material layer 4.

[0025] After having the superstructure (a green sheet / up electrode layer) by lamination and having thermocompression bonding of these layered products to the substructure (a PZT piezoelectric-material layer / lower electrode layer / base) after PZT paste desiccation of drawing 4 (B) for 60 minutes by 140 degrees C and 60kg/cm<sup>2</sup>, in a firing furnace, it calcinates at 900-1100 degrees C in atmospheric air for 2 hours. By covering an upper electrode / piezoelectric-material layer / bottom electrode with a green sheet, the lead omission from PZT can be controlled and a short circuit can be prevented to vertical inter-electrode one.

[0026] (Example 5) The schematic diagram of the ink jet piezo-electricity head which can apply this invention to drawing 5 is shown. If magnesium oxide is also a single crystal, anisotropic etching is possible for the substrate which forms the pressure room of an ink jet head, and Xtal of ceramics is [ a substrate ] also possible for very small processing by ICP etching. On the other hand, in the pressure room, when using a silicon substrate for a formation substrate, silicon anisotropic etching is established with the micro-machining technique, and there is an advantage which can form a pressure room easily.

[0027] Thickness forms the pressure room 5 for 300 micrometers and field bearing to make the silicon substrate (base) 1 of a field (110) breathe out ink. The silicon oxide film used as the silicon-proof etching film is applied by the oxidizing [ thermally ] method, a resist is applied with a spin coat on the film after formation, and the resist pattern for forming a crevice using a photolithography technique is formed. What is necessary is just the film which shows corrosion resistance to the silicon-proof etching film to silicon etching reagents, such as not only silicon oxide but silicon nitride, a metal, etc. It dips in a

KOH water solution 40 90 more-degree C% after etching the silicon oxide film with a fluoric acid system etching reagent, 295 micrometers is etched by anisotropic etching, and a crevice is formed. The silicon oxide film on the silicon substrate which remained exfoliates with a fluoric acid system etching reagent. The amount of etching can control the amount of etching of a crevice by controlling the concentration of a KOH water solution, temperature, and penetration time beforehand.

[0028] The interlayer 10 of lead diffusion prevention is formed on the silicon substrate in which the pressure room was formed. The zirconium dioxide film which having adhesion with high toughness and mechanical strength, and a silicon substrate was called for, and it is not only the precise ingredient which prevents diffusion of the lead contained in a piezoelectric-material layer as an interlayer 10, but was stabilized with the oxide of an yttrium, a cerium, magnesium, and calcium is desirable. Formation of the zirconium dioxide film uses sintered compact yttrium stabilization zirconium 8mol%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> for TAGEDDO, and RF magnetron sputtering performs it. It forms 0.2-2 micrometers of thickness on membrane formation conditions with 0.1Pa - 2Pa (Ar and O<sub>2</sub> are introduced) of gas pressure, a discharge pressures [ 80-150W ], and a substrate temperature of 750-850 degrees C.

[0029] On an interlayer, a platinum paste is screen-stenciled and 5 micrometers of lower electrodes 2 are formed. Then, PZT, Nb0.5mol% addition Pb(Zr<sub>0.52</sub>Ti<sub>0.48</sub>) O<sub>3</sub> [ for example, ], is screen-stenciled 20 micrometers in thickness on a lower electrode, and it dries for 30 minutes at 150 degrees C. After desiccation, with an yttrium etc., partial stabilization or the zirconium dioxide plate of 1mm of board thickness by which full stabilization was carried out is arranged so that it may touch on the electrical-potential-difference ingredient layer 4. As for the surface characteristic of the zirconium dioxide plate 8 arranged on PZT, it is desirable that they are the flatness of less than 0.05mm and 0.007mm or less of surface roughness (Rmax) in order to maintain sufficient lead vapor pressure in the contact surface. In a firing furnace, it calcinates at the temperature of 900-1100 degrees C in atmospheric air for 2 hours after that. After PZT baking, the up electrode layer 3 is formed by baking by screen-stencil, and golden-tin, lead-tin, etc. are plated after forming ingredients which can be plated, such as gold, copper, and tin. And the nozzle plate 6 created by stainless steel etc. can be joined corresponding to a pressure room, and an ink jet piezo-electricity head can be created.

[0030]

[Effect of the Invention] Effectiveness corresponding to claim 1: The omission of the element constituted from piezoelectric material which puts a piezoelectric-device unit by the screen, and is generated at the time of baking in order to calcinate, heating and, or a molecule can be controlled, and a piezoelectric constant can offer the piezoelectric-device unit of high performance by low cost greatly.

[0031] Effectiveness corresponding to claim 2: By using the plate which becomes a screen from an extremely stable ceramic ingredient with burning temperature, a reliable piezoelectric-device unit can be obtained easily.

[0032] Effectiveness corresponding to claim 3: A more reliable piezoelectric-device unit can be offered by using the good ceramic plate of front-face nature for a shield.

[0033] Effectiveness corresponding to claim 4: By using a green sheet etc. for a screen and covering piezoelectric material, the omission of the element constituted from piezoelectric material more effectively generated at the time of baking or a molecule can be controlled, it is highly efficient and a reliable piezoelectric-device unit can be offered.

[0034] Effectiveness corresponding to claims 5 and 7: Since the interlayer who consists of one or more layers between a silicon base and a piezoelectric-device unit was arranged, diffusion of the lead to the inside of a silicon base can be prevented.

[0035] Effectiveness corresponding to claim 6: A reliable head can be offered by low cost by manufacturing an ink jet (piezo-electricity) head using the piezoelectric-device unit manufactured by the manufacture approach indicated by either of claims 1 or 4.

---

[Translation done.]

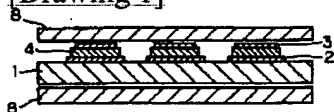
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

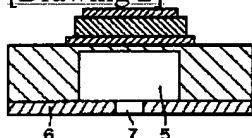
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

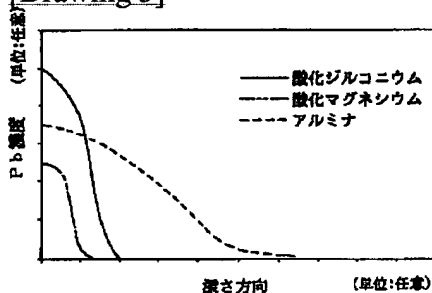
[Drawing 1]



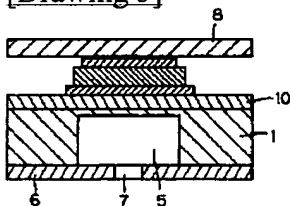
[Drawing 2]



[Drawing 3]

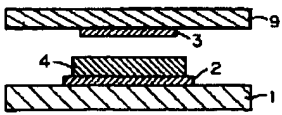


[Drawing 5]

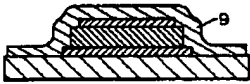


[Drawing 4]

(A)



(B)



---

[Translation done.]